



**Universidad Nacional Mayor de San Marcos**

**Universidad del Perú. Decana de América**

**Facultad de Ciencias Físicas**

**Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos**

**Bomba centrífuga asistida en la succión con sistema de  
vacío**

**MONOGRAFÍA TÉCNICA**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos

Modalidad M4

**AUTOR**

Jasson Enrique SANCHEZ MARTINEZ

Lima, Perú

2016

## Referencia bibliográfica

---

Sánchez, J. (2016). *Bomba centrífuga asistida en la succión con sistema de vacío*. [Monografía técnica de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Físicas, Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

---

76



# UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

## FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA DE FLUIDOS

#### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE MONOGRAFÍA TÉCNICA PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECANICO DE FLUIDOS POR LA MODALIDAD M-4

Siendo las 19:00 horas del día jueves 1° de diciembre de 2016, en el Aula 205 de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos, bajo la presidencia del Dr. MIGUEL ORMEÑO VALERIANO y con la asistencia de los miembros Ing. CARLOS PEDROSA ALANYA, Ing. HENRY PALA REYES, e Ing. MANUEL VICENTE HERQUINIO ARLAS de conformidad con la Resolución Rectoral N° 01934-R-02 que aprueba las diferentes modalidades de Titulación Profesional, se dio inicio a la Sesión Pública de Sustentación de Monografía Técnica para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos, del Bachiller:

JASSON ENRIQUE SÁNCHEZ MARTÍNEZ

El Presidente del Jurado Examinador dio lectura del Resumen del Expediente, e invitó al Bachiller JASSON ENRIQUE SÁNCHEZ MARTÍNEZ, a realizar la Exposición del Trabajo de la Monografía Técnica titulada "BOMBA CENTRÍFUGA ASISTIDA EN LA SUCCIÓN CON SISTEMA DE VACÍO".

Concluida la exposición del candidato y luego de las preguntas de rigor por parte del Jurado Examinador, el Presidente invitó al Bachiller abandonar momentáneamente la sala de sesión para dar paso a la deliberación y calificación por parte del Jurado.

Al término de la deliberación del jurado, se invitó al candidato a regresar a la sala de sesión para dar lectura a la calificación final obtenida por el Bachiller, la misma que fue:

CATORCE

14

El Presidente del Jurado Dr. MIGUEL ORMEÑO VALERIANO, a nombre de la Nación y de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, declaró al Bachiller JASSON ENRIQUE SÁNCHEZ MARTÍNEZ Ingeniero Mecánico de Fluidos.

Siendo las 20:30 horas, del mismo día, se levantó la sesión.

Dr. MIGUEL ORMEÑO VALERIANO  
Presidente de Jurado Examinador

Ing. CARLOS PEDROSA ALANYA  
Miembro de Jurado Examinador

Ing. HENRY PALA REYES  
Miembro de Jurado Examinador

Ing. MANUEL VICENTE HERQUINIO ARLAS  
Miembro de Jurado Examinador

## Resumen

El presente trabajo monográfico, está basa en la elección del sistema de bombeo más adecuado para alimentar de agua de mar la planta de osmosis inversa instalada en la unidad minera Cerro Lindo perteneciente a Compañía Minera Milpo S.A.A. (Minera Milpo), la cual ya cuenta con el sistema de succión y descarga establecido por el área de diseño e ingeniería de Minera Milpo. Los datos como caudal o gasto requerido, Altura Dinámica Total (A.D.T.), longitud de la línea de succión de la bomba y sus respectivos accesorios como; válvulas, conexiones bridadas, válvula de pie tipo check, temperatura del fluido para hallar la presión de vapor, altitud sobre el nivel del mar para realizar los cálculos de sobredimensionamiento en los motores eléctrico y hacer los análisis de N.P.S.H, fueron entregados por el área de ingeniería de Minera Milpo y formalizados bajo acta de reunión como medio de sustento para la selección de las bombas centrifugas. La selección del Sistema de Succión Adecuado, los equipos de bombeo, tipos de materiales de fabricación y accesorios de control de las bombas fueron encargados a ITT Water & Wastewater Solutions (ITT).

Dentro del trabajo de selección de equipos, el personal de ITT debe considerar la alternativa más adecuada para succionar el agua de mar a 800 metros de distancia horizontal y una profundidad de diez metros en el punto de succión inicial, distancia horizontal considerada desde el punto de succión aguas arriba hasta el punto de montaje de la bomba centrifuga, para mayor detalle se muestra un esquema al respecto en la figura 5.25. Los esfuerzos se centran en principio, en la búsqueda de un sistema adecuado para la

succión, ya que el cálculo hallado en análisis de la Carga Neta de Aspiración Positiva disponible (**N.P.S.H. disponible**) arroja vacío de -3.93 m.c.a. (ver pag. 55).

Adicionalmente, consideran necesario tomar en cuenta los problemas de corrosión en las superficies metálicas, al tener que montar los equipos en inmediaciones cercanas a la playa, situación que deben prever protegiendo las superficies exteriores metálicas de los equipos en su conjunto debido al ambiente altamente corrosivo de la zona de trabajo, al cual, se suma la corrosión que genera el contacto de agua de mar con superficies metálicas en el caso de las bombas centrífugas.

Dentro de los aspectos de cálculo para la selección de equipos de bombeo, los programas desarrollados por ITT son de gran ayuda, ya que mediante ellos es posible buscar el equipo idóneo para este tipo de trabajo, minimizando tiempos de búsqueda y selección. Este tipo de programas ofrece, la selección de materiales de fabricación, diseño de la curva del sistema, análisis de N.P.S.H. disponible, cálculo de A.D.T, potencia hidráulica de la bomba centrífuga, potencia nominal del motor eléctrico, simulación de curvas bajo régimen de diferentes frecuencias, entre otros.

Con los datos anteriormente señalados, en especial el A.D.T. y el caudal requerido, se selecciona el equipo de bombeo de marca Godwin, modelo H160M SS, el cual puede superar una presión máxima de 180 metros de columna de agua (m.c.a.) y un caudal máximo de 130 litros por segundo (l/s). La potencia requerida en el eje de la bomba se calcula en 250 Hp, a una velocidad de giro de 1,780 revoluciones por minuto (r.p.m.).

Los materiales de fabricación del equipo de bombeo en esta aplicación fueron; PROACID 254 ó SS2378 superior AISI 904 (ver pag. 32) para la voluta, accesorios de succión y descarga, impulsor y platos de desgaste. El material de fundición anteriormente

descrito, puede superar daños por abrasión, ambiente altamente corrosivo y tipo de fluido a transportar.

Un detalle importante en la selección de la bomba centrífuga y los componentes adicionales, es la norma con la que actualmente trabaja Minera Milpo, tanto; en tableros eléctricos como en motores eléctricos, se trata de la norma que propone la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos o comúnmente conocida como NEMA. Normas que se adoptaron sin problema en la selección de complementos para la bomba centrífuga, ya que ITT como empresa especializada en el diseño y fabricación de equipos de bombeo, busca alternativas con motores eléctricos de diferentes normas y marcas existentes en el mercado internacional, para acoplarlos a sus equipos de bombeo, situación parecida sucedió con los tableros eléctricos.

Finalmente, por las condiciones del sistema establecido en la succión el cual se detalla líneas arriba, se propone al área de ingeniería de Minera Milpo una bomba con succión automática asistida por una Bomba de Vacío en la Succión, sistema que debió ser apoyado con una bomba de vacío de 60 Hp de potencia en la succión ofreciendo un caudal de evacuación de 1,000 CFM a una presión mínima de vacío de 12 pulgadas de mercurio (inHg), logrando generar vacío suficiente y trayendo el agua de mar a la voluta de la bomba centrífuga en 2.72 minutos. El sistema de vacío en la succión fue uno de los más grandes retos que se presentaron en la selección y aceptación de este sistema. La propuesta fue probado y aprobado por Minera Milpo, logrando generar un ingreso de USD. 628, 155.00 más impuestos solo en equipos de bombeo y tableros de control, generando una utilidad neta del 40% antes de impuestos para ITT.